

## REUTILIZAÇÃO DE BORRA PLÁSTICA DESCARTADA NA LIMPEZA DO CILINDRO DE PLASTIFICAÇÃO

Fabio Wenski<sup>1</sup>, Alessandra Novais Bassetto Berton<sup>2</sup>, Isabel Romero Grova Wutkiewicz<sup>3</sup>, Anderson Lunardon<sup>4</sup>

**Resumo:** Apresenta-se o estudo sobre o reaproveitamento de borra plástica descartada no processo de injeção. Essa borra é um material plástico descartado com origem em dois processos; no reinício do processo de produção e na troca de material por mudança de cor, dos produtos injetados. Esse material é gerado na empresa pelo processo de injeção e, inicialmente, era destinado às recicladoras que adquirem o material e tornam-se responsáveis por ele. O que se propôs neste estudo teve por objetivo a separação e classificação das borras, buscando a reutilização dessas na obtenção de novos produtos injetados, com uma análise da viabilidade econômica e ambiental do seu reaproveitamento, dentro da própria empresa. Verificou-se na prática, analisando a borra e suas características, bem como, os novos produtos formados com esta, que o processo para reaproveitar a borra plástica é altamente viável, tendo um custo de R\$0,20 por quilograma, baixando o custo dos novos produtos, com consequente aumento de competitividade, além da preservação dos recursos naturais com a diminuição da compra de material virgem.

**Palavras-chave:** Borra Plástica. Reaproveitamento. Cilindro de Plastificação.

### 1 INTRODUÇÃO

Em constante busca por maior competitividade no mercado, as empresas adequam-se às novas exigências reduzindo seus custos de produção, de modo que, os custos de produção devem ser mínimos e com os menores desperdícios possíveis. A redução dos custos produtivos, em qualquer empresa, tornou-se um fator de extrema importância para a conquista do mercado consumidor e, além disto, a preocupação ambiental deve evoluir à medida que os métodos produtivos melhoram, buscando sempre um desenvolvimento consciente. Assim, os cuidados ambientais também se tornam pontos fortes em empresas responsáveis.

A borracha descartada, por ser um resíduo polimérico, tem dois problemas bem distintos. Um deles é a destinação destas, como por exemplo, para empresas recicladoras, que por mais que seja um material não contaminado o custo de venda não é muito atrativo. O outro problema é o resíduo gerado que impacta no custo do produto (ZANIN, 2004).

<sup>1</sup> Faculdade SOCIESC de Curitiba - E-mail: fabiowenski@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Faculdade SOCIESC de Curitiba - E-mail: alessandra .berton@sociesc.com.br

<sup>3</sup> Faculdade SOCIESC de Curitiba - E-mail: isabel.grova@sociesc.com.br

<sup>4</sup> Faculdade SOCIESC de Curitiba - E-mail: ander\_rpl@hotmail.com



Os materiais poliméricos que levam à maior geração da borra de plástico são a Poliamida 6.6 (PA 6.6) e a PA com 33% de fibra de vidro. Esses materiais possuem características de processo que dificultam a injeção, uma vez que têm temperatura de fusão elevada, na qual é preciso trabalhar com recuo da unidade de injeção, e muitas vezes ocorre vazamento de material pelo bico da injetora, também gerando a borra (CANEVAROLO, 2005).

Também outros materiais como PP (Polipropileno), ABS (copolímero de Acrilonitrila-Butadieno- Estireno) e PS (Poliestireno de Alto Impacto) /PS (Poliestireno) contribuem para a geração de borras pelas diferenças de cores dos produtos (mais de 12 cores diferentes). Assim, é necessário realizar a limpeza do cilindro de plastificação a cada troca de cor (CANEVAROLO, 2005).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Geração do Resíduo (Borra)

As maiores partes das borras geradas no Setor de Injeção estão relacionadas aos três processos: no início do processo ou após as trocas de molde; tempo de residência elevado no cilindro de plastificação e às trocas de cores durante o processo de Injeção.

Outro método, menos significativo na geração da borra, são os testes internos e externos, sejam esses de moldes novos, adequação de processo ou qualificação de matéria-prima.

Manutenções mecânicas, elétricas e manutenções preventivas também contribuem para a geração da borra, já que muitos materiais não devem permanecer no cilindro de plastificação quando a máquina é desligada.

### 2.2 Destino da Borra

A borra anteriormente gerada no processo de injeção era vendida para empresas que trabalham com reciclagem de materiais, onde se realizava a moagem desta borra e, então, vendida para empresas de processamento de plásticos, sem que fosse conhecido o destino definitivo deste material.

### 2.3 Reaproveitamento da Borra

A borra, quando bem cuidada, é separada na hora em que é gerada, sem degradação térmica, pode ser 100% reaproveitada. Sendo assim, implantou-se o procedimento abaixo, para a recuperação



da borra, cuja meta a se atingir é um reaproveitamento de 85% de toda borra gerada no processo de injeção.

## 2.4 Processos de Reaproveitamento de Borra

O fluxograma apresentado na figura 1 demonstra todo o processo de recuperação da borra, onde é possível observar que esse processo não ocorre, caso a borra não seja separada ou processada adequadamente, gerando assim as borras de má qualidade.

O início do processo ocorre na geração da borra durante a injeção, seja esta por qualquer um dos motivos comentados anteriormente. Após a geração da borra, essa deve ser separada por tipo de material plástico, seja esse, polipropileno, poliamida, poliestireno ou outros. Além da separação por tipo de resina, existe a separação pela qualidade da borra, onde essa deve estar em condições de ser reaproveitada.

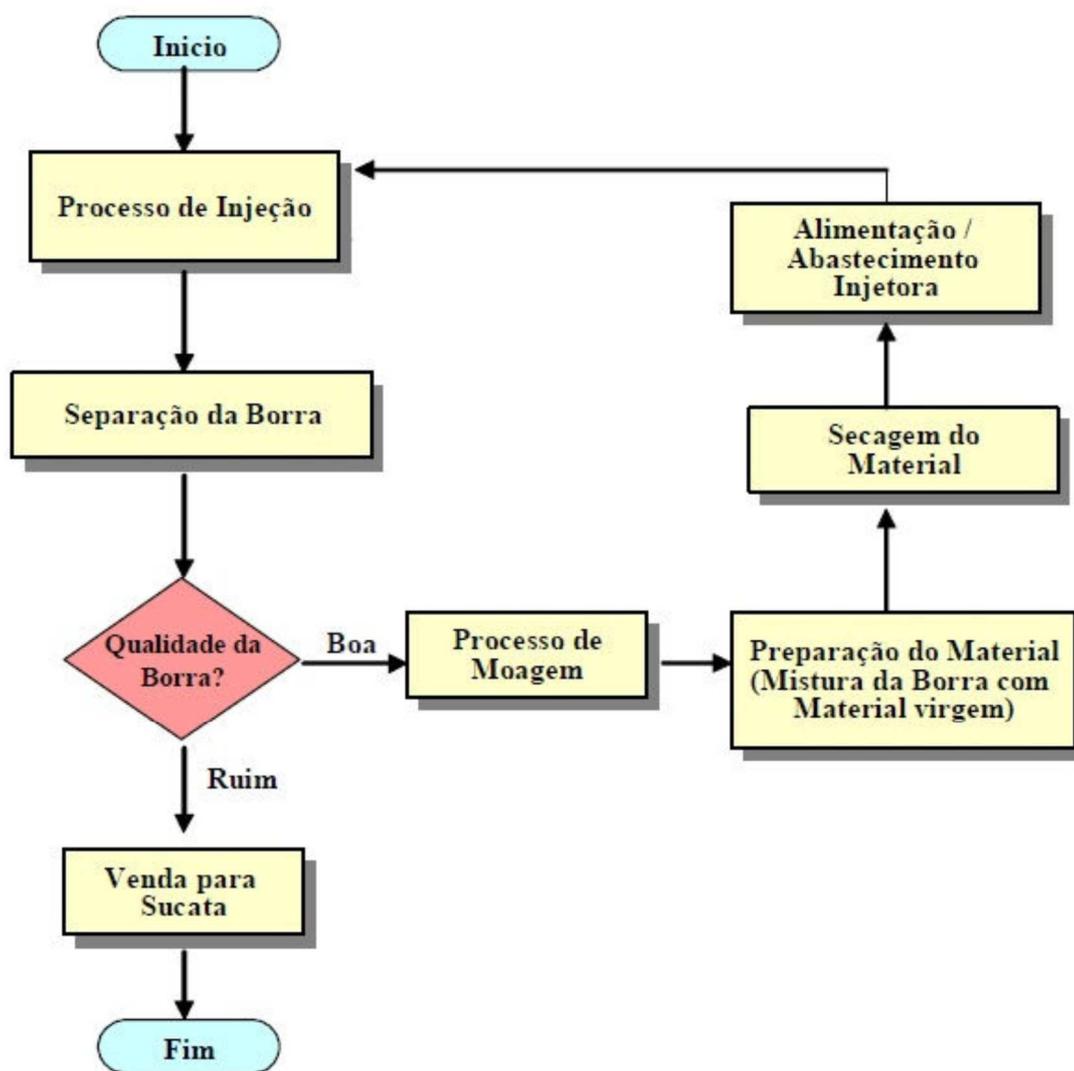
Para o reaproveitamento da borra são necessárias condições específicas como não estar queimada; não apresentar nenhum tipo de contaminação, seja por plásticos, ou então, graxa, óleo ou aço e ser de tamanho adequado ao reprocessamento.

Caso a borra não atenda aos requisitos acima, é posta como sucata e vendida para empresas recicladoras. Por outro lado, as borras boas passam pelos processos de classificação, moagem, secagem e um novo processo de injeção.

Cabe ressaltar aqui que, durante esse processo, a borra utilizada no material virgem, pode se tornar uma nova borra e passar pelo mesmo processo descrito anteriormente.

Na figura 1 tem-se o fluxograma esquemático do processo de aproveitamento da borra plástica.

Figura 1. Fluxograma esquemático do processo de reaproveitamento das borras plásticas



Fonte: Dos Autores, (2014)

## 2.5 Descrições das Etapas do Processo de Recuperação da Borra

As etapas do processo que serão descritas a seguir são baseadas no fluxograma da Figura 1 de reaproveitamento da borra.



## 2.6 Processo de Injeção

O Processo de Injeção, basicamente, é o processo de conformação do plástico em produtos e quando é necessário interromper o processo ou realizar a troca da matéria-prima, ocorre então a produção da borra (MANRICH, 2005). A operação de troca de matéria-prima não agrega nenhum valor ao processo, somente gera gastos. Essa operação é, basicamente, igual ao processo de injeção, onde a única diferença é que o material é injetado fora do molde, gerando a borra (HARADA, 2008).

## 2.7 Separação da Borra

A separação da borra é uma das etapas mais importantes do seu processo de reaproveitamento, pois quando não é realizada adequadamente a borra fica contaminada sem poder ser reutilizada.

A separação deve ser feita na hora em que está sendo realizada a limpeza do cilindro de plastificação, interrompendo a mesma em certos momentos, gerando borras de tamanho reduzido, facilitando a separação e moagem.

A separação deve ser feita por tipo de plástico, com identificação das borras, por tipo de matéria polimérica e, se contém carga ou não. Deve-se lembrar que as de diferentes cores, mas de polímeros iguais, não serão separadas, já que essas serão reutilizadas em componentes internos que podem sofrer variação de cor.

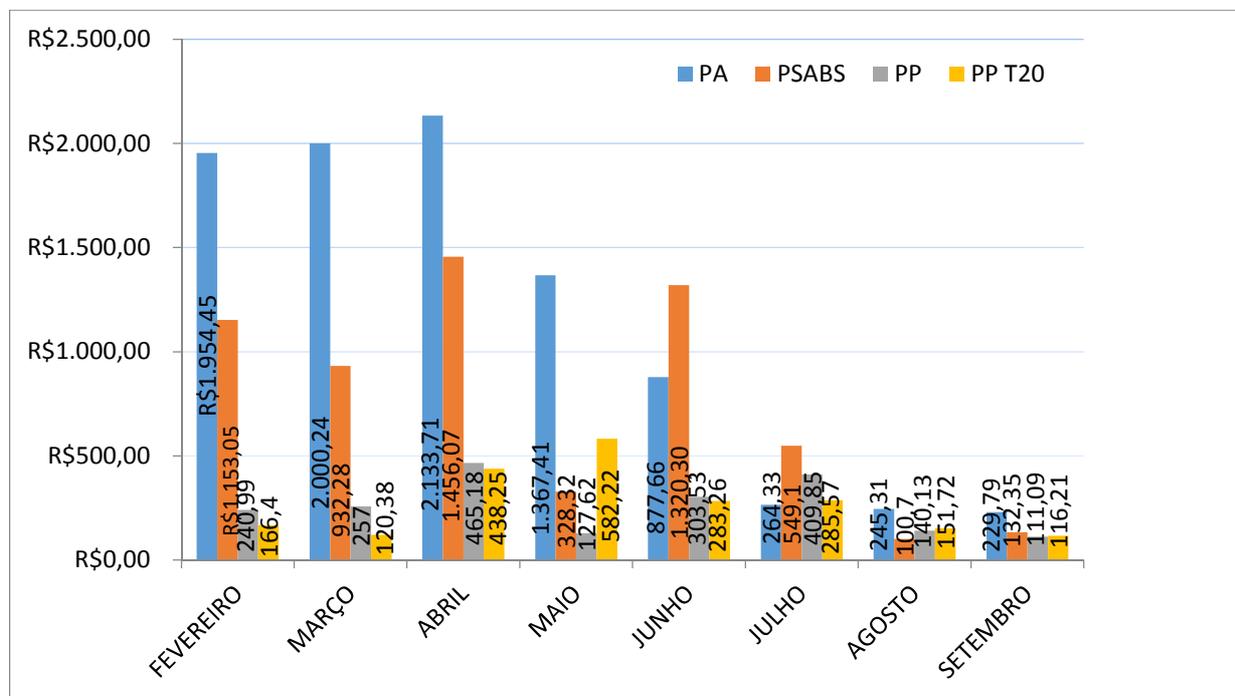
## 3 ANÁLISE ECONÔMICA

Com os dados coletados entre os meses de fevereiro/2013 a setembro/2013, foi gerado o gráfico apresentado na Figura 2, demonstrando o valor do material em forma de borra por matéria-prima utilizada. Os valores foram obtidos por multiplicação da quantidade de borra descartada pelo preço de compra.

Nesse caso foi possível demonstrar, qual o item com maior valor de perda em reais, no caso a poliamida, que representa, nos meses de fevereiro a maio, mais de 50% do custo dos resíduos. Outro item que apresentou grande desperdício, em forma de borra foi o material ABS e PS/PSI, que ficaram juntos em segundo lugar.



Figura 2 - Gráfico de perdas



Fonte: Dos Autores (2013)

Foi observado que com o início dos estudos do reaproveitamento da borra, mês de maio, a conscientização dos funcionários envolvidos no processo de injeção, promoveu uma severa diminuição da quantidade de plástico descartado, conseqüentemente, nos valores desperdiçados. Uma redução dos desperdícios foi notada a partir de julho, como maior reflexo do treinamento e conscientização dos funcionários.

Para a recuperação da borra plástica, como uma nova fonte de matéria no processo de injeção, determinou-se o custo de aproveitamento de 1 kg da borra, como visto na Tabela 1.



**Tabela 1-** Levantamento do custo de reaproveitamento da borra

| PROCESSO               | Custo/Hora Operador (R\$) | Custo/Hora (R\$) | Consumo Energia (KW/h) | Kg/h  | Custo Total (R\$) |
|------------------------|---------------------------|------------------|------------------------|-------|-------------------|
| Separação da borra     | R\$ 13,40                 | R\$ 0,25         | 0                      | 0,007 | R\$ 0,09          |
| Qualidade da borra     | R\$ 13,40                 | R\$ 0,25         | 0                      | 0,003 | R\$ 0,04          |
| Processo de moagem     | R\$ 13,40                 | R\$ 0,25         | 5                      | 0,05  | R\$ 0,06          |
| Preparação do material | R\$ 13,40                 | R\$ 0,25         | 4                      | 0,003 | R\$ 0,01          |
| Total                  |                           |                  |                        |       | R\$ 0,20          |

Fonte: Dos Autores (2013)

Os valores em reais foram obtidos pelo custo/hora da mão de obra dos operadores, os tempos necessários, em horas, para cada atividade, como separar, classificar, moer, misturar e o consumo de energia em cada equipamento utilizado. A partir desse método, chegou-se ao resultado que a recuperação de 1 kg de borra, desde o momento em que ela é gerada até a sua reutilização custa R\$ 0,20/kg.

Antes da reinserção da borra plástica no processo de injeção, esta era vendida como sucata para as empresas recicladoras pelo valor de R\$ 0,15/kg.

Na Tabela 2, mostram-se os valores obtidos com a venda do material sucateado para recicladoras. Esse valor não representa cerca de 3% do total do valor de compra do material virgem.

**Tabela 2-** Valor arrecadado mensalmente com o sucate da ação das borras

|                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Massa de borra (kg)                   | 411,0 | 385,1 | 550,4 | 295,2 | 350,0 | 214,8 | 87,4  | 78,7  | 2.372,6 |
| Valor Recuperado para a empresa (R\$) | 61,65 | 57,79 | 82,57 | 44,28 | 52,51 | 32,23 | 13,12 | 11,80 | 355,89  |

Fonte: Dos Autores (2013)

Na Tabela 3 apresenta-se a determinação da redução dos custos. Essa economia é gerada por não mais necessitar adquirir a mesma quantidade de resina virgem por aproveitar parte da borra, com um reaproveitamento de 80% dessa. Ainda na Tabela 3, foi considerado o preço da matéria-prima virgem para os cálculos.

**Tabela 3.** Ganhos em R\$ com a reutilização da borra como nova matéria-prima

|                                     | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-----------------|
| Massa de borra gerada (Kg)          | 214,84       | 87,46         | 78,73           |
| Custos do material virgem (R\$)     | 7,44         | 7,44          | 7,44            |
| 80% para reutilização (Kg)          | 171,87       | 67,97         | 62,98           |
| Custo para Reutilização total (R\$) | 54,98        | 21,75         | 12,60           |
| Ganho (R\$)                         | 1543,43      | 628,95        | 573,15          |

Fonte: Dos Autores (2013)

Não foi demonstrado, nesse trabalho, quanto de borra plástica foi reutilizada nos testes de injeção para a produção de novos produtos, portanto os valores de massa da borra gerada, entre os meses julho a setembro, é a quantidade desse resíduo plástico vendido à empresa recicladora. Isso se deve ao fato dos produtos estarem aprovados pelos testes de laboratório, montagem, utilização. Por determinação da empresa, todos os produtos devem passar por testes de qualidade com uma amostragem maior e posterior validação completa. Só assim os produtos podem ser liberados para reutilização da borra plástica.

Após o levantamento dos dados dos meses julho, agosto e setembro foram considerados que a quantidade gerada de borra não seria o suficiente para reutilização na injeção dos produtos escolhidos no período de um mês, devido à elevada produção.

#### 4 ANÁLISES DO PROCESSO DE INJEÇÃO

Avaliou-se o processo de injeção de produtos por meio da análise da qualidade das matérias-primas e pela verificação de possíveis alterações nos parâmetros de processo, durante o desenvolvimento dos novos produtos com reutilização de borra plástica.

##### 4.1 Poliamida com 33% de Fibra de Vidro

Avaliando-se a injeção da matéria-prima PA 6.6 com 33% de fibra de vidro, na qual foi adicionada a quantidade de 20% de borra moída de PA 6.6 com fibra de vidro, os parâmetros de injeção sofreram pequenas alterações como: alteração na pressão de injeção e velocidade de injeção. Esses parâmetros foram reduzidos em 10%, para eliminar pequenas queimas no final do preenchimento. Esta alteração pode ter ocorrido devido ao aumento do índice de fluidez com a adição da borra moída. Os demais parâmetros de injeção como: temperatura de massa fundida, temperatura de molde, ciclo de injeção, cursos de dosagem, temperatura de secagem, mantiveram-se na mesma forma (MANRICH, 2005). Todos estes parâmetros foram arquivados e salvos na memória da



máquina injetora para manter definido o processo de injeção. Este material foi aprovado nos produtos injetados.

#### 4.2 Polipropileno

O Polipropileno apresentou alterações mais críticas no processo da injeção e no produto final, devido à borra reutilizada na injeção ser proveniente de diversas colorações como branca, vermelha, amarela, verde, azul etc. No começo dos estudos foi decidido qual dos produtos poderia receber qualquer quantidade de borra, pois a cor final seria preta. Foi realizada a mistura do material virgem com a quantidade de 20% do material a ser reaproveitado. A esse montante foi adicionado o pigmento preto. Porém, durante a injeção foi elevada a temperatura de plastificação em 20°C nas três zonas de plastificação, a contrapressão de plastificação foi aumentada de 10bar para 20bar. Esses parâmetros foram modificados para tentar melhorar a homogeneização do material, que apresentou manchas brancas na superfície do produto injetado. Mesmo com essas alterações as manchas não desapareceram do produto.

Como o produto passou nos testes de laboratório, apesar do comprometimento do seu aspecto visual, a formulação da mistura de material moído de borra baixou para 10% e nova injeção de material foi realizada. Os parâmetros de injeção voltaram às condições iniciais, não sofrendo mais alterações. Sendo assim, os produtos foram posteriormente aprovados no processo de injeção e no padrão visual de qualidade.

#### 4.3 ABS e PS

Ao ser realizado injeção do material ABS com adição de borra moída, com 10 % de reciclado de ABS, sem alterações nos parâmetros de processamento, as peças tiveram elevação do tom amarelo, contudo esse fato não comprometeu a aprovação do produto final, já que possui uma função de montagem interna.

Para a matéria-prima PSAI/PS também foi realizada a mistura com 10% de material reaproveitado. O produto injetado também apresentou uma pequena modificação de tonalidade, porém os parâmetros do processo de injeção não sofreram nenhuma intervenção.

#### 4.4 Polipropileno com 20% de Carbonato de Cálcio

Para o processo de injeção do material PP com 20% de talco (REIS, 2009) com a reutilização das borras deste material, os parâmetros de injeção não foram modificados. Notaram-se pequenas linhas brancas, rajadas, na superfície do produto injetado.

Foi decidido não mexer nos parâmetros de processo devido à criticidade dimensional dos componentes, onde pequenas mudanças como temperatura, pressão, velocidades interferem diretamente no dimensional do produto injetado. Em razão disso, foi decidido que para a borra deste material merece um novo estudo, possivelmente com definição de um novo produto.



## 5 CONCLUSÕES

A borra ou resíduo plástico é um material reciclável e pode significar menores custos para a empresa que se propuser a realizar um processo de reutilização. A reciclagem pode resultar em economia de recursos naturais não-renováveis e redução da quantidade de resíduos plásticos destinados como lixo ao meio ambiente.

A redução nos custos dos produtos pode variar de R\$0,5 para mais, dependendo da quantidade reaproveitada no processo.

Por último, foi constatado que dependendo do tipo de polímero que se deseja reaproveitar, a fabricação necessita de ajustes, pois para a reutilização das borras plásticas, devido à criticidade dimensional do produto, devem ser aperfeiçoadas as condições de processamento e quantidades de reciclados possíveis de serem empregadas e, por fim, testados conforme necessidade de cada produto.

## *Agradecimentos*

Agradecemos a Deus, aos nossos pais, amigos, colegas de trabalho, professores e todos que de uma forma contribuíram para o presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

CANEVAROLO, Sebastião V. Jr. Ciência dos polímeros. 2. Ed. São Paulo: Artliber, 2006.

HARADA, Júlio. Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos. 1. Ed. São Paulo: Artliber, 2008.

MANRICH, Silvio. Processamento de termoplásticos. 1. Ed. São Paulo: Artliber, 2005.

REIS, Emerson Luciano Marques dos. Benefícios da utilização industrial do polipropileno com talco. São Paulo: FATECZL, 2009.

ZANIN, Maria; MANCINI, Sandro Donnini. Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

## REUSE OF THE PLASTIC SLUDGE DISCARDED IN THE CLEANING OF THE CYLINDER OF PLASTIFICATION

*Abstract: in this study the reuse of plastic sludge discarded in the process of injection is presented. This sludge is a plastic waste material originating in two cases; the restart of the production process and the exchange of material by change of color, the injected products. This material is generated in the company by the injection process and initially was intended for recycling to acquire the material*



*and become responsible for it. The aim of this study is the separation and classification of grounds, seeking to reuse these in new products injected with an analysis of the economic and environmental feasibility of its reuse within the company itself. It was found in practice, analyzing grounds and their characteristics as well as the new products formed with this, the process for reusing plastic sludge is highly viable and cost of R\$ 0.20 per kilogram, lowering the cost of new products, with consequent increase in competitiveness, as well as preservation of natural resources with decreasing purchasing virgin material.*

**Key Words:** *Plastic sludge; reuse; Cylinder of Plastification.*